

524,719

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
4. März 2004 (04.03.2004)

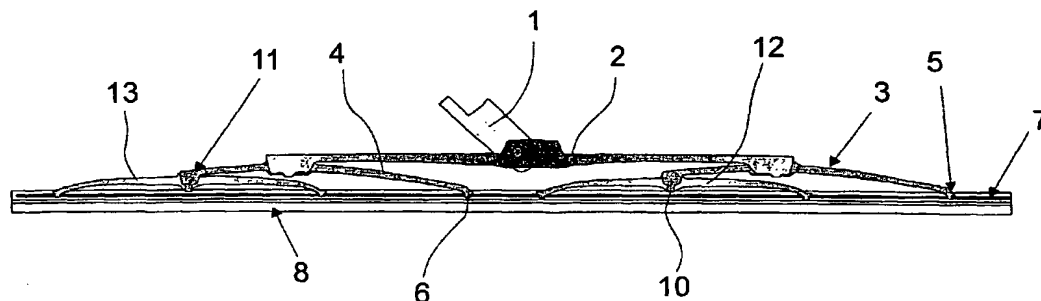
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/018271 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B60S 1/38**, C22C 38/18, 38/22, C21D 9/02
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/009132
- (22) Internationales Anmeldedatum:
18. August 2003 (18.08.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
102 37 446.5 16. August 2002 (16.08.2002) DE
103 33 272.3 21. Juli 2003 (21.07.2003) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **STAHLWERK ERGSTE WESTIG GMBH** [DE/DE]; Letmather Strasse 69, 58239 Schwerte (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **PACHER, Oskar** [AT/AT]; Kleinweg 6, **A-8041** Graz (AT). **KLOSS-ULITZKA, Gisbert** [DE/DE]; Hinter der Stadt 26, 58809 Neuenrade (DE). **CASTRO, Victor** [DE/DE]; Kleine Schwerter Strasse 99, 44287 Dortmund (DE).
- (54) **Bestimmungsstaaten (national)**: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Bestimmungsstaaten (regional)**: ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:**
— mit internationalem Recherchenbericht
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) **Title:** SPRING ELEMENT MADE FROM A FERRITIC CHROME STEEL

(54) **Bezeichnung:** FEDERELEMENT AUS EINEM FERRITISCHEN CHROM-STAHL



(57) **Abstract:** The invention relates to a spring element, in particular sprung blades for windscreen wipers, in particular on motor vehicles, having reduced vibration tendencies or greater damping, made from a ferritic chrome steel with 0.03 to 0.12% carbon, 0.2 to 0.9% silicon, 0.3 to 1% manganese, 13 to 20% chromium, 0.1 to 2.0% molybdenum, 0.05 to 1.0% copper, 0.02 to 0.05% nitrogen, less than 0.01 % titanium, 0.01 to 0.10% niobium and 0.02 to 0.25% vanadium, the remainder being iron.

(57) **Zusammenfassung:** Federelement, insbesondere Federschiene für Scheibenwischer, insbesondere von Kraftfahrzeugen mit geringer Schwingungsneigung bzw. hoher Dämpfung aus einem ferritischen Chrom-Stahl mit 0,03 bis 0,12% Kohlenstoff, 0,2 bis 0,9% Silizium, 0,3 bis 1% Mangan, 13 bis 20% Chrom, 0,1 bis 2,0% Molybdän, 0,05 bis 1,0% Kupfer, 0,02 bis 0,05% Stickstoff, unter 0,01 % Titan, 0,01 bis 0,10% Niob und 0,02 bis 0,25% Vanadium, Rest Eisen.

BEST AVAILABLE COPY

WO 2004/018271 A1

Stahlwerk Ergste Westig GmbH

=====

Letmather Str. 69, 58239 Schwerte

=====

"Federelement aus einem ferritischen Chrom-Stahl"

Die Erfindung bezieht sich auf ein Federelement, insbesondere auf eine Federschiene für Scheibenwischer, wie sie beispielsweise bei den üblicherweise gekrümmten Windschutzscheiben von Kraftfahrzeugen, Schienenfahrzeugen, Schiffen und Flugzeugen zur Verwendung kommen.

Scheibenwischer bestehen üblicherweise aus einem Wischerhebel mit einem Wischerblatt aus einer Federschiene und einer Wischleiste, das mit Hilfe von Federkräften an die zu reinigende Scheibe gepreßt wird. Um die notwendige Reinigungswirkung zu erreichen, ist es erforderlich, daß die gummielastische Wischleiste unabhängig von der Scheibenkrümmung stets dicht an der Scheibenoberfläche anliegt. Dies gewährleisten zwischen dem Wischerhebel und der Wischleiste angeordnete Federelemente, insbesondere auch die Federschiene, deren Länge im wesentlichen der gummielastischen Wischleiste entspricht.

Bei hohen Fahr- und/oder Windgeschwindigkeiten kommt es jedoch zu Turbulenzen und Schwingungen mit der Folge, daß die Wischleiste nicht über ihre gesamte Länge und/oder während ihrer gesamten Pendelbewegung gleichmäßig und mit hinreichender Anpreßkraft an der Scheibe anliegt, so daß Wasserfilme und an der Scheibe haftender Schmutz nicht zuverlässig entfernt werden.

Moderne Scheibenwischer bestehen aus einem an einem motorisch angetriebenen Wischerhebel gelenkig angeordneten Hauptbügel, an dessen beiden Enden jeweils ein Krallenbügel gelenkig befestigt ist. Die Krallenbügel sind am einen Ende gelenkig mit einer Federschiene und am anderen Ende gelenkig mit Krallen verbunden, deren beiden Enden über Gelenke jeweils mit der Federschiene verbunden sind. Die Federschiene ist über ihre gesamte Länge in die gummielasti-

BESTÄTIGUNGSKOPIE

sche Wischleiste eingebettet.

Das aus insgesamt fünf Bügeln und Federschiene bestehende Federsystem soll eine gleichmäßige Anlage der Wischleiste an der Scheibe gewährleisten. Um das zu erreichen und insbesondere Ratterschwingungen zu unterdrücken, müssen die Abstände der beiden Krallenbügel und deren Länge auf die Scheibengeometrie abgestimmt sein. Weitere Kriterien sind die Größe der zu überstreichenden Scheibenfläche, die Länge der Wischblätter, die Ausrichtung der Pendelachse des Wischerarms zur Scheibenoberfläche und insbesondere die Federkraft sowie die Breite und Dicke der Federschiene. Eine rechnerische Erfassung ist dabei kaum möglich; die Beschaffenheit der Krallenbügel und deren Positionierung in bezug auf das Wischerblatt beruhen daher zumeist auf praktischen Erfahrungen.

Trotz aller Bemühungen gelingt es nur in Grenzen, ein Rattern und das Auftreten von Schwingungen bei hohen Fahr- und/oder Windgeschwindigkeiten zu vermeiden. Demzufolge ist das Wischergebnis unbefriedigend und kommt es zudem zu einem starken Abrieb an der Wischkante der Wischleiste sowie zu störenden Betriebsgeräuschen und zu einer Verkürzung der Lebensdauer der Wischleiste.

Die europäische Offenlegungsschrift 1 288 089 A2 schlägt zur Geräuschverminderung vor, den Reibungskoeffizienten einer Wischleiste mit einem speziellen Profil mit Hilfe einer Polymerbeschichtung zu verringern. Dies ist jedoch nicht nur sehr aufwendig, sondern erleichtert auch das Auftreten von Schwingungen in Folge des geringeren Reibungskoeffizienten. Des weiteren schlägt die PCT-Offenlegungsschrift WO 01/58732 A1 vor, anstelle einer einzigen, sich praktisch über die gesamte Länge der Wischleiste erstreckenden Federschiene zwei parallel zueinander verlaufender Federschien mit unterschiedlicher Resonanzfrequenz zu verwenden, um das Auftreten von Wischerblattschwingungen zu unterdrücken. Unterschiedliche Resonanzfrequenzen erfordern jedoch hinsichtlich ihres Querschnitts und/oder ihres Werkstoffs unterschiedliche Federschien und damit einen zusätzlichen Aufwand sowohl bei der Herstellung als auch bei der Lagerung und im Ersatzteilwesen. Hinzu kommt, daß sich das Schwingungsverhalten durch die Verwendung zweier Federschien mit unterschiedlicher Resonanzfrequenz nur innerhalb eines verhältnismäßig engen Frequenzfensters vermeiden läßt und daher nicht alle in der Praxis auftretenden Betriebs- bzw. Schwingungszustände erfaßt.

Als Werkstoff für Federelemente und Federschiene kommen üblicherweise legierte Stähle zur Verwendung, weil reine Kohlenstoffstähle ein geringes Dämpfungsvermögen besitzen und daher störende Schwingungen nicht rasch genug abbauen. Dies ist die Folge davon, daß im Gefüge kaum energieverzehrende Vorgänge ablaufen.

Vor diesem Hintergrund besteht das der Erfindung zugrundeliegende Problem darin, das Schwingungsverhalten von Federelementen, beispielsweise das Wischverhalten von Scheibenwischern mit einer Federschiene zu verbessern.

Dazu schlägt die Erfindung vor, als Werkstoff für Federelemente, insbesondere Federschiene einen ferritischen Chrom-Stahl mit 0,03 bis 0,12% Kohlenstoff, 0,2 bis 0,9% Silizium, 0,3 bis 1% Mangan, 13 bis 20% Chrom, 0,1 bis 2,0% Molybdän, 0,05 bis 1,0% Kupfer, 0,02 bis 0,05% Stickstoff, unter 0,01% Titan, 0,01 bis 0,10% Niob und 0,02 bis 0,25% Vanadium, Rest Eisen zu verwenden.

Der Stahl kann höchstens 0,1% Kohlenstoff, höchstens 1,5% Molybdän sowie 0,1% Kupfer bis 0,5% und mindestens 0,03% Stickstoff - einzeln oder nebeneinander - enthalten.

Besonders bewährt hat sich ein Stahl mit 0,06 bis 0,1% Kohlenstoff, 15 bis 18% Chrom und 0,8 bis 1,5% Molybdän.

Das erfindungsgemäße Federelement besitzt eine Koerzitivkraft H_c von 190 bis 240 A/cm sowie eine Sättigungsmagnetisierung J_{ma} von 1,45 bis 1,75 T, was einem Ferritanteil im Gefüge von etwa 10% bzw. 55% entspricht.

Diese Daten lassen sich beispielsweise dadurch erreichen, daß Kaltband oder Flachdraht aus der erfindungsgemäßen Legierung kaltverformt und anschließend lösungsgeglüht sowie an Luft abgekühlt oder mit Wasser abgeschreckt und dabei ein magnetisierbares Gefüge mit der oben erwähnten magnetischen Sättigung eingestellt wird. Mit Hilfe mindestens eines weiteren Kaltverformens läßt sich dann gegebenenfalls stufenweise die gewünschte Koerzitivkraft einstellen.

Zur Verbesserung der mechanischen und/oder optischen Eigenschaften kann das

Ausgangsmaterial oder das Federelement (Federschiene) mit einer vorzugsweise 50 bis 150 μm dicken Beschichtung aus einem Duroplast-Pulverlack versehen werden. Das Beschichten geschieht unter Wärmeeinwirkung und ist daher zwangsläufig mit einem vorteilhaften Anlassen des Werkstoffs verbunden.

Die erfindungsgemäßen Federelemente zeichnen sich durch eine hohe Federkraft und eine hohe Witterungsbeständigkeit sowie insbesondere eine starke magnetomechanische Schwingungsdämpfung aus. Das vorteilhafte Schwingungsverhalten erlaubt den Wegfall der aufwendigen Krallen und gegebenenfalls auch des Krallenbügels, mithin einen Scheibenwischer, bei dem der Wischerarm über den Hauptbügel direkt an der Federschiene angreift.

Das aus Ferrit und Martensit mit unmagnetischen Feinausscheidungen wie Nitriden und Karbonitriden bestehende Gefüge gewährleistet eine hohe Anfangsdämpfung, deren Ursache eine spannungsinduzierte Domänenwandung der Gefügebestandteile ist. Dabei handelt es sich um innere Änderungen der Magnetisierung wie spannungsinduzierte anelastische Domänenwandbewegungen, die zu Wirbelstromverlusten führen und dadurch Schwingungsenergie verbrauchen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Zeichnungen in Verbindung mit Ausführungsbeispielen des näheren erläutert. Dabei zeigen:

- Fig. 1 den Aufbau eines herkömmlichen Wischerarms,
- Fig. 2 eine Meßvorrichtung zum Bestimmen des Schwingungsverhaltens von Federschiene,
- Fig. 3 eine grafische Darstellung des Schwingungsverhaltens herkömmlicher Federschiene,
- Fig. 4 eine grafische Darstellung des Schwingungsverhaltens einer erfindungsgemäßen Federschiene im Vergleich zu zwei Federschiene aus herkömmlichen Stählen.

Nach der Darstellung in Fig. 1 besteht ein herkömmlicher Scheibenwischer aus einem Wischerarm 1, dessen Ende gelenkig mit einem Hauptbügel 2 verbunden ist. An den beiden Enden des Hauptbügels ist jeweils ein Krallenbügel 3, 4 gelenkig gelagert. Die Enden 5,6 der längeren Schenkel der Krallenbügel 3, 4 greifen gelenkig an einer Federschiene 7 an, die zusammen mit einer gummiela-

stischen Wischleiste 8 als Wischerblatt zum Entfernen von Wasser und Verschmutzungen auf einer Fahrzeugscheibe dient.

Die kürzeren Schenkel der Krallenbügel 3, 4 sind hingegen über Gelenke 10, 11 jeweils mit einer Kralle 12, 13 verbunden, deren Enden gelenkig an der Federschiene 7 angreifen.

Die Verwendung einer erfindungsgemäßen Federschiene erlaubt es, bei einem Scheibenwischer der dargestellten Art auf die beiden Krallenbügel 3, 4 oder auch auf die Krallen 12, 13 zu verzichten. Dadurch verringert sich der Montageaufwand für den Scheibenwischer um etwa 50%. Dies gilt unabhängig von dem Querschnittsprofil der Federschiene, deren vorteilhaftes Dämpfungsvermögen sich bei unterschiedlichen Profilen zeigt.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und Vergleichslegierungen des näheren erläutert.

Aus der nachfolgenden Tabelle I ergeben sich die Zusammensetzungen von fünf erfindungsgemäßen Chrom-Stählen E1 bis E5 sowie von sieben Vergleichsstählen V6 bis V12.

Tabelle I

Stahl	% C	% Si	% Mn	% Cr	% Ni	% Mo	% Cu	% N
E1	0,06	0,50	0,65	17,3	0,26	0,15	0,21	0,030
E2	0,07	0,52	0,48	17,0	0,32	0,14	0,15	0,045
E3	0,08	0,48	0,52	16,2	0,35	0,10	0,12	0,040
E4	0,10	0,65	0,61	17,6	0,40	0,07	0,15	0,035
E5	0,06	0,44	0,92	16,8	0,30	0,82	0,35	0,035
V6	0,03	0,58	0,49	17,1	0,32	0,10	0,12	0,040
V7	0,35	0,62	0,69	14,1	0,18	0,08	0,17	0,030
V8	0,07	0,45	0,98	18,0	6,12	0,12	0,09	0,360
V9	0,10	0,86	1,22	17,4	8,15	0,36	0,19	0,020
V10	0,47	0,25	0,55	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren

V11	0,55	0,48	0,94	0,95	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren
V12	0,79	0,18	0,78	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren

Die Stähle wurde hinsichtlich ihrer

Zugfestigkeit R_m

Koerzitivkraft H_c

Sättigungsmagnetisierung J

Dämpfung als prozentuale Amplitude nach 15 Sekunden

Dämpfung als prozentuale Amplitude nach 25 Sekunden

untersucht.

Für die Herstellung einer Federschiene wurden die erfindungsgemäßen Legierungen E1 bis E6 mit einem Querschnitt von 28 mm² im weichgeglühten Zustand eingesetzt. Nach einem ersten Kaltverformen wurden die Proben 12 Minuten einem Lösungsglühen bei 1050°C ausgesetzt, rasch abgekühlt und einer weiteren Kaltverformung bis zu einem Endquerschnitt von 6 mm² unterzogen. Bei diesen Bearbeitungsschritten ergibt sich eine Gesamtverformung von 78%. Die Proben wurden danach zur Vorbereitung einer Beschichtungs- bzw. Anlaßbehandlung in einem Ultraschallbad gereinigt, auf 350°C erwärmt und mit einem Pulverlack beschichtet. Die Beschichtung wurde während der Abkühlphase der Anlaßbehandlung aufgebracht, um die Prozeßwärme der Federschiene für das Aushärten des Pulverlacks zu nutzen.

Eine der Proben aus der Legierung E4 wurde vor dem vorerwähnten ersten Kaltverformen zusätzlich vorverformt, anschließend geölt und dann so weiterbehandelt wie die anderen Proben (vgl. Versuch 8).

Die Untersuchungsergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle II zusammengestellt, die ausser der Schichtdicke auch die Härtetemperatur bzw. die Beschichtungstemperatur umgibt; sie bewirkt ein Anlassen und führt zu einer Erhöhung der Zugfestigkeit, wie das Dämpfungsverhalten des Versuchs 5 zeigt, der sich auf eine Probe der Legierung E1 ohne Beschichtung und demgemäß auch ohne Anlassen beim Beschichten bezieht. Hier wird die Bedeutung des

Anlassens für den Zuwachs an Festigkeit deutlich.

PCT/EP 03/09132

- 8 -

Tabelle II

Versuch Nr.	Stahl	Koerzitivkraft Hc (A/cm)	Sättig. Magnetis. J (T)	Zugfestigkeit Rm (MPa)	% Restamplitude nach		Beschichtung Dicke / Härteemp.		Bewertung Festigkeit	Bewertung Dämpfung
					0,15 s	0,25 s	min	°C		
1	E1	217	1,65	1682	39,0	15,0	keine	340	+	gut
2	E1	216	1,67	1695	31,0	14,0	0,8	340	+	gut
3	E1	219	1,52	1774	36,0	12,5	0,8	340	+	sehr gut
4	E1	192	1,82	1685	54,0	35,0	0,8	340	+	schlecht
5	E2	225	1,76	1851	35,0	12,0	0,8	340	+	sehr gut
6	E3	215	1,72	1712	35,0	12,5	0,8	340	+	sehr gut
7	E4	198	1,62	1849	34,5	10,0	0,8	340	+	sehr gut
8	E4	205	1,63	1670	35,0	11,0	0,8	340	+	sehr gut
9	E5	230	1,53	1716	34,0	11,0	0,8	340	+	sehr gut
10	E5	232	1,55	1728	33,0	10,0	0,8	340	+	sehr gut
11	V6	38	1,54	535	n.b.	n.b.	0,8	340	-	
12	V6	47	1,48	726	n.b.	n.b.	0,8	340	-	
13	V6	49	1,43	980	n.b.	n.b.	keine	-	-	
14	V7	382	1,58	1682	60,0	39,0	0,8	340	+	mittel
15	V8	936	0,32	1640	55,0	34,0	0,8	340	+	schlecht
16	V9	914	0,36	1728	54,5	34,0	0,8	340	+	schlecht
17	V9	973	0,31	1620	57,0	35,0	0,8	340	+	ungenügend
18	V9	766	0,22	1452	n.b.	n.b.	0,8	340	-	
19	V10	123	1,83	1820	60,0	39,0	keine	-	+	schlecht
20	V10	125	1,82	1845	59,0	38,0	0,8	340	+	schlecht
21	V11	129	1,84	1960	61,0	38,0	keine	-	+	schlecht
22	V11	131	1,91	1986	59,0	37,0	0,8	340	+	schlecht
23	V12	122	1,97	2020	63,0	42,0	keine	-	+	ungenügend
24	V12	122	1,97	2022	62,0	40,0	0,8	340	+	ungenügend

Bei den Versuchen 11 bis 13 und 18 handelt es sich um Stähle, die zu weich sind und keine ausreichende Federeigenschaften besitzen. Die Bestimmung der Federdämpfung machte daher wenig Sinn. Demgemäß ist zu diesen Versuchen in der Tabelle II keine Restamplitude angegeben (n.b.).

Generell gilt für die Restamplitude, daß die Schwingungsdämpfung um so besser ist, je geringer die angegebene Restamplitude ist.

Das Schwingungsverhalten wurde mit Hilfe der in Fig. 3 dargestellten Meßvorrichtung bestimmt. Bei den Versuchen wurden die Proben 14 einseitig in einen Sockel 15 eingespannt, dann seitlich um eine Distanz von $D = 11$ mm ausgelenkt und sich sodann selbst überlassen. Mit Hilfe eines Sensors wurden die Schwingungen der freischwingenden Proben in Abhängigkeit von der Zeit erfaßt, das verstärkte Signal einer PC-Meßkarte zugeführt und mit einer zeitlichen Auflösung von 4400 Meßwerten pro Sekunde als Schwingungsdiagramm gespeichert. Von diesem Schwingungsdiagramm wurde die Einhüllende bestimmt und an der sich daraus ergebenden Hüll- bzw. Dämpfungskurve 16 nach 0,15 und nach 0,25 Sekunden jeweils die im Vergleich zur Ausgangsamplitude im Zeitpunkt Null (100%) die prozentuale Restamplitude bestimmt.

Die Ermittlung der magnetischen Kennwerte der Proben geschah mit Hilfe einer Hysteresekurve, aus der die Werte für die Koerzitivkraft H_c und die Sättigungsmagnetisierung J_{max} nach DIN 50460 entnommen wurden.

In Fig. 4 ist das typische Schwingungsverhalten herkömmlicher Federschienen dargestellt. Der Verlauf der Hüll- bzw. Dämpfungskurve 16 folgt einer exponentiellen Funktion. Dies erklärt sich daraus, dass beim Schwingen einer Blattfeder je nach Auslenkung an der Blattoberfläche abwechselnd eine Druck- oder eine Zugspannung auftritt. Eine solche Schwingung wird in der Regel durch eine Differentialgleichung beschrieben. Den Berechnungen einer Schwingung wird üblicherweise ein lineares Kraftgesetz zu Grunde gelegt. Dieses lineare Kraftgesetz bewirkt, dass die Schwingung sehr gut durch eine exponentiell abfallende Schwingungskurve beschrieben werden kann. Gibt es jedoch wie bei der erfindungsgemäßen Legierung magnetomechanische Wechselwirkungen im Gefüge, so ist die Voraussetzung für das lineare Kraftgesetz nicht mehr erfüllt, und es kommt beim Schwingen zu einer mechanischen Hysterese. Diese ist bei großen

Amplituden oder Ausschlägen stärker als bei kleinen, da die Verlustenergie von der Fläche der Hysteresekurve abhängt. In einem solchen Fall wird keine exponentiell abfallende Dämpfungskurve erzielt. Vielmehr gibt es eine sehr starke Anfangsdämpfung (vgl. Hornbogen, Metallkunde, 2. Auflage).

Ähnlich verlaufen die beiden Dämpfungskurven 17, 18 für die Federschienen aus Vergleichsstählen V9 und V10 in den Tabellen I und II; diese folgen dem Hook'schen Gesetz. Anders hingegen verläuft die Kurve 19 für die erfindungsgemäße Federschiene aus dem Stahl E1 in Tabelle I bzw. dem Versuch 2 in Tabelle II. Der Verlauf der Kurve 19 zeigt aufgrund ihres verhältnismäßig steilen Abfalls eine hohe Anfangsdämpfung, die sich durch eine nichtlineare Abweichung vom Hook'schen Gesetz erklären läßt und ihre Ursache in den erwähnten spannungsinduzierten Domänenwandbewegungen hat, wie sie innerhalb des erfindungsgemäßen Wertefeldes von Koerzitivkraft und magnetischer Sättigung auftritt.

Grundsätzlich bewirkt eine mechanische Spannung σ in einem Werkstoff eine Änderung des Atomabstandes, was in der Praxis als Dehnung ε in Erscheinung tritt. Daraus leitet sich die bekannte Beziehung, bzw. der Elastizitätsmodul E ab, entsprechend:

$$E = E_G = \sigma \frac{1}{\varepsilon_G}$$

(der Index G besagt, daß der E-Modul von der Gitterdehnung abhängt).

Im Falle magnetisch gekoppelter Gefügebestandteile wie Ferrit und Martensit bewirkt eine Spannung aber zusätzlich zur Gitterdehnung noch eine Veränderung der Domänenanordnung, weshalb in der Gleichung eine Zusatzdehnung ε_{MM} berücksichtigt werden muß. Dadurch ergibt sich die Beziehung

$$E = E_G + E_{MM} = \sigma \left(\frac{1}{\varepsilon_G} + \frac{1}{\varepsilon_{MM}} \right)$$

Mit ε_{MM} sind alle magnetisch induzierten Dehnungen und Zusatzdehnungen zusammengefaßt; sie setzt sich aus 3 Teildehnungen zusammen und erfaßt auch die Volumenmagnetostriktion und ihren analogen Dehnungsanteil.

Die magneto-mechanische Dämpfung kommt somit dadurch zustande, daß durch eine mechanische Spannung nicht nur die Änderung des Atomabstandes (Gitterdehnung), sondern auch die Änderungen durch die spannungsinduzierten Domänenwandbewegungen wirksam werden.

Das günstige Schwingungsverhalten erklärt sich durch eine starke magnetomechanische Dämpfung. Diese entsteht dadurch, daß bei einer Schwingung infolge zeitlicher Änderungen in der mechanischen Spannung die Domänenanordnungen in Form einer erzwungenen Volumenmagnetostriktion verändert werden.

Da die spannungsinduzierte Domänenwandbewegung mit anelastischen und Wirbelstromverlusten verbunden ist, tritt bei schwingender Belastung eine mechanische Hysterese auf, d.h. eine nichtlineare Abweichung vom Hookschen Gesetz.

Dabei spielt naturgemäß die Stärke der Hindernisse für die Domänenwandbewegungen (also die Wandenergie und damit der H_C -Wert) eine große Rolle, da sie letztlich für das Ausmaß der Dämpfung verantwortlich sind. Eine optimale magnetomechanische Dämpfung durch spannungsinduzierte Domänenwandbewegungen ist demzufolge nur in einem bestimmten Wertefeld von J (magnetischer Polarisation) und H_C (Koerzitivkraft) möglich.

Die Dämpfung läßt sich durch eine Beschichtung mit Hilfe eines Duroplast-Pulverlacks weiter verbessern läßt. Eine derartige Beschichtung wirkt sich in mehrfacher Hinsicht vorteilhaft aus; sie erhöht die Korrosionsbeständigkeit sowie die Zugfestigkeit und erlaubt einen für das Einschieben einer Federschiene in die Wischleiste günstigen Reibungskoeffizienten sowie, die Oberflächenstruktur und das Aussehen dem Erscheinungsbild der Wischleiste aus Gummi anzupassen.

Ursächlich für das ausgezeichnete Dämpfungsverhalten der erfindungsgemäßen Federelemente (Federschiene) sind das aus weichmagnetischem Ferrit und demgegenüber verhältnismäßig hartmagnetischem Martensit mit unmagnetischen Feinausscheidungen aus Karbiden und/oder Karbonitriden bestehende Gefüge sowie die Volumenanteile der beiden magnetischen Phasen Ferrit und Martensit. Der Ferrit besitzt eine hohe magnetische Polarisation, d.h. eine sehr starke innere Magnetisierung im Vergleich zu der Sättigungsmagnetisierung von reinem Eisen

mit 2,2 T bzw. 22000 Gauss. Daraus resultiert eine leichte Ummagnetisierung, d.h. der Ferrit ist magnetisch weich, was sich an einer niedrigen Koerzitivkraft bzw. einer niedrigen Wandenergie zeigt. Der Martensit besitzt zwar eine geringere Magnetisierbarkeit bzw. eine deutlich geringere magnetische Polarisierung; im Vergleich zum Ferrit sind aber seine magnetischen Domänen aufgrund der Feinausscheidungen, aber auch durch im Kristallgitter gelöste Legierungselemente energetisch stärker fixiert. Im Vergleich zum Ferrit läßt sich der Martensit schwerer ummagnetisieren, er ist daher magnetisch härter und besitzt demzufolge einen höheren HC-Wert.

Bei den magnetischen Domänen handelt es sich um magnetisierbare Bereiche, die durch sogenannte Bloch-Wände begrenzt sind. Die Stabilität der magnetischen Domänen kommt in der sogenannten Wandenergie zum Ausdruck. Die Wandenergien des Ferrits sind im allgemeinen klein und begründen daher eine leichte Ummagnetisierung bzw. eine niedrigen Koerzitivkraft unter etwa 1 A/cm.

Mit Hilfe des Volumenanteils der beiden magnetisierbaren Gefügebestandteile Ferrit und Martensit (vorzugsweise 30% Ferrit, Rest Martensit einschließlich geringfügiger nicht magnetischer Ausscheidungen) sowie der dadurch bedingten magnetischen Härte läßt sich das Dämpfungsverhalten einstellen bzw. optimieren. Dies geschieht mit Hilfe eines Lösungsglühens mit einer Dauer von 0,5 bis 60 min bei 900 bis 1100 °C und eines Kaltverformens mit einem Gesamtverformungsgrad von über 65%. Auf diese Weise läßt sich eine magnetische Sättigung als Summenwert für die beiden magnetisierbaren Phasen Ferrit (10 bis 55%, Rest im wesentlichen Martensit) und Martensit in der Größenordnung von 1,45 bis 1,75 T erreichen.

Dem Kaltverformen kann sich zum Einstellen der magnetischen Härte eine Anlaßbehandlung anschließen, beispielsweise mit einer Dauer von 0,1 bis 1 min bei einer Temperatur von 200 bis 380 °C, um eine Koerzitivkraft von 190 bis 320 A/cm zu erreichen. Die Anlassbehandlung kann gleichzeitig mit dem Beschichten mit einem warmaushärtenden Lackpulver bzw. Lack geschehen.

Patentansprüche:

1. Federelement, insbesondere Federschiene für Scheibenwischer aus einem ferritischen Chrom-Stahl, bestehend aus

0,03 bis 0,12%	Kohlenstoff
0,2 bis 0,9%	Silizium
0,3 bis 1%	Mangan
13 bis 20%	Chrom
unter 0,5%	Nickel
0,1 bis 2%	Molybdän
0,05 bis 1,0%	Kupfer
0,02 bis 0,05%	Stickstoff
unter 0,01%	Titan
0,01 bis 0,10%	Niob
0,02 bis 0,25%	Vanadium, Rest Eisen.
2. Federelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Stahl höchstens 0,1% Kohlenstoff, höchstens 1,5% Molybdän, 0,1 bis 0,5% Kupfer und mindestens 0,03% Stickstoff enthält.
3. Federelement nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** einen Kohlenstoffgehalt von 0,06 bis 0,1%, einen Chromgehalt von 15 bis 18% und einen Molybdängehalt von 0,8 bis 1,5%.
4. Federelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **gekennzeichnet durch** eine Koerzitivkraft von 190 bis 320 A/cm und eine magnetische Sättigung von 1,45 bis 1,75 T.
5. Federelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **gekennzeichnet durch** eine Pulverlack-Beschichtung aus Duroplast.
6. Federelement nach Anspruch 5, **gekennzeichnet durch** eine Schichtdicke von 0,05 bis 0,15 mm.
7. Federelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **gekennzeichnet durch**

ein Lösungsglühen von 0,5 bis 60 min bei 900 bis 1100 °C.

8. Federelement nach Anspruch 7, **gekennzeichnet durch** ein Kaltverformen mit einem Verformungsgrad von über 65%.
9. Federelement nach Anspruch 8, **gekennzeichnet durch** ein Anlassen nach dem Kaltverformen von 0,1 bis 1 min bei 200 bis 380 °C.
10. Federelement nach Anspruch 9, **gekennzeichnet durch** eine Aushärtungstemperatur der Beschichtung im Bereich der Anlaßtemperatur.

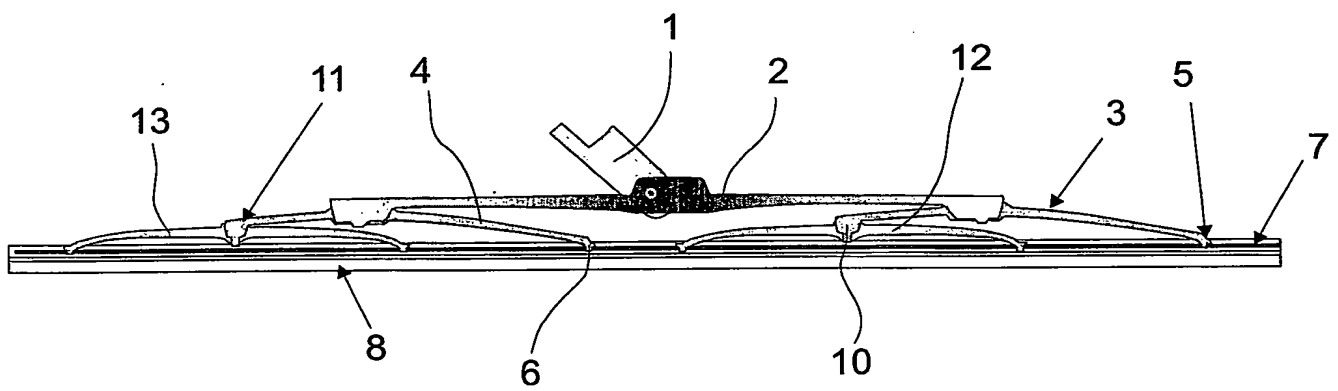


Fig. 1

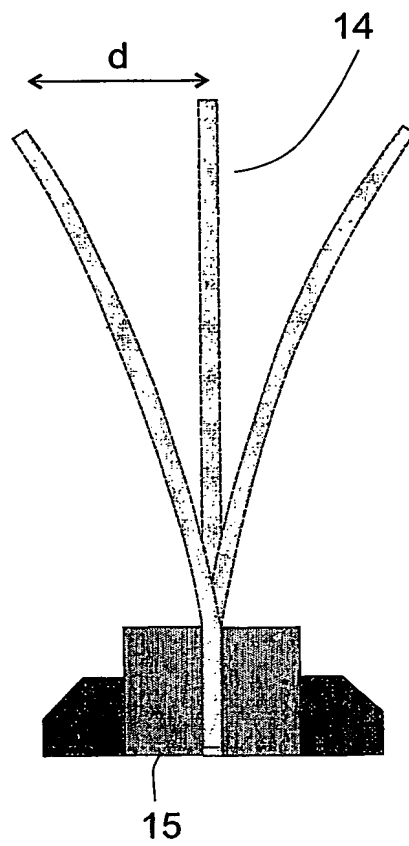


Fig. 2

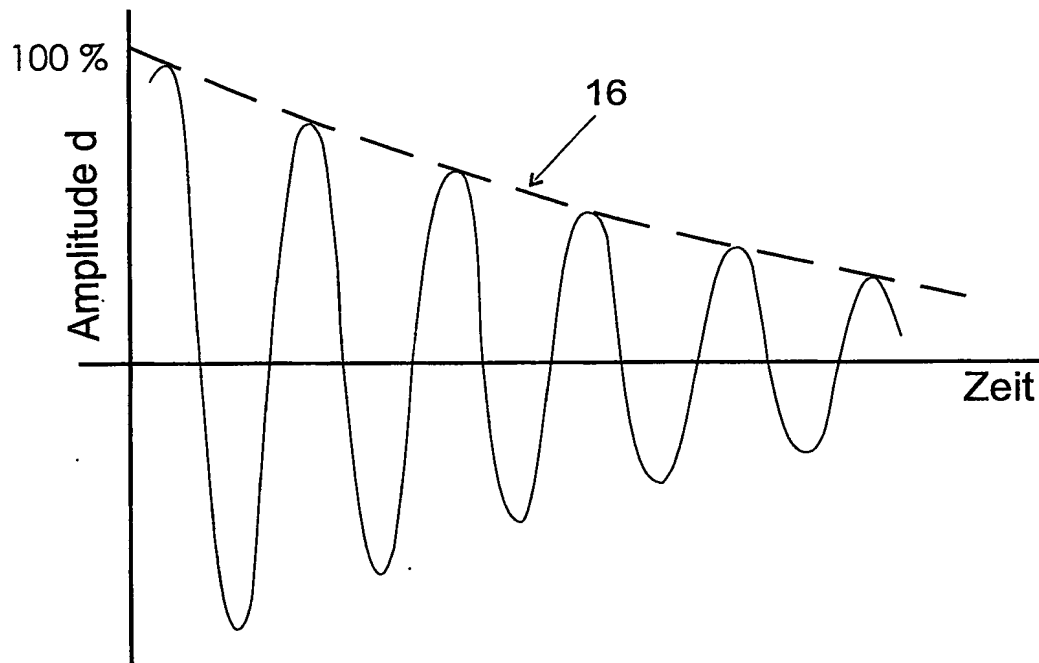


Fig. 3

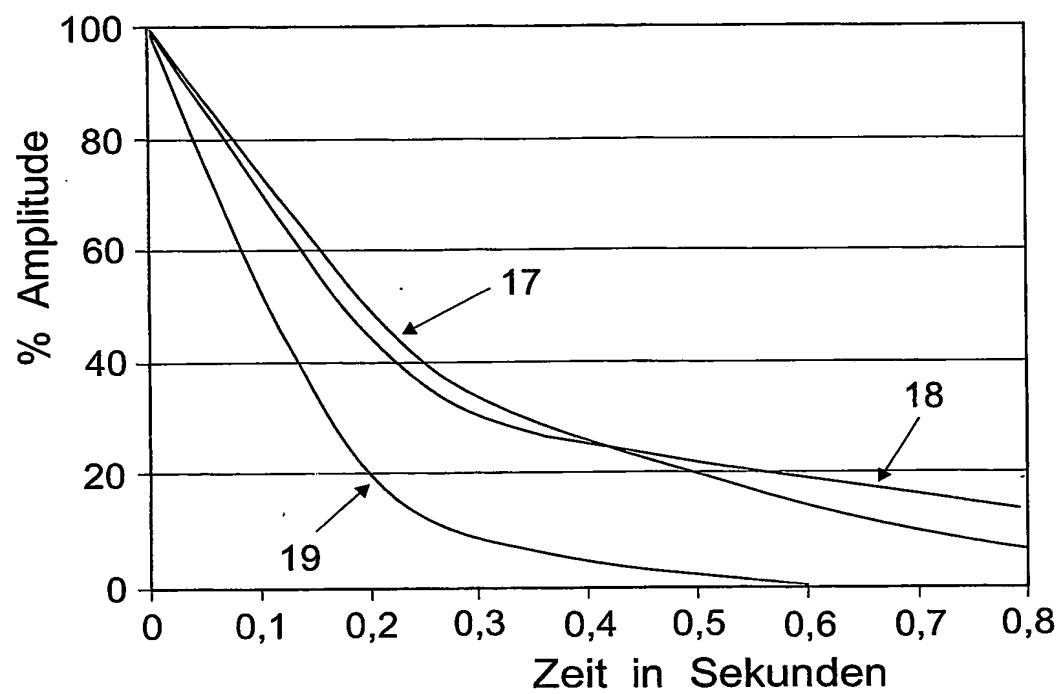


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.